METANO,
plantas y



VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

cambio climático

El reciente, y sorprendente, descubrimiento de que las plantas producen metano no arroja dudas sobre las causas del calentamiento global. Son las actividades humanas, no los vegetales, el origen del aumento del metano y otros gases de invernadero

Frank Keppler y Thomas Röckmann

¿Qué ha de hacer un científico cuando descubre algo que contradice a los libros? Tuvimos que enfrentarnos a este problema cuando nuestros experimentos demostraron en 2005 que la vegetación viva produce metano, un gas de efecto invernadero. Se daba por cierto que sólo fabrican este gas las bacterias que medran sin oxígeno (anaeróbicas). Nuestros ensayos, sin embargo, descubrieron inesperadamente que las plantas producen también metano, y no en pequeñas cantidades.

Lo primero que hicimos fue buscar posibles errores en el diseño del experimento, cualquier proceso imaginable que pudiera habernos confundido. Seguros ya de la validez de los resultados, comprendimos que habíamos encontrado algo muy especial. Pensamos entonces en sus consecuencias y en la manera de informar a los demás investigadores. Con el trabajo que nos había costado aceptar este descubrimiento, nos parecía casi imposible intentar convencer a los colegas y al público. Sobre todo, porque teníamos que explicar cómo había sido posible que tantos investigadores dedicados al metano y al estudio del cambio climático no reparasen durante décadas en una fuente de tal importancia.

Gas natural

Al metano (de fórmula química CH_4) suele llamársele gas natural. Obtenido de yacimientos de petróleo, minas de carbón y campos de gas natural, el metano se ha convertido en una importante fuente de energía, y es muy probable que lo siga siendo, dadas las limitadas reservas de crudo en el planeta. Cada año se emiten a la atmósfera alrededor de 600 millones de toneladas de este gas, tanto de origen natural como humano. Se creía que en su mayoría procedían de la degradación, por bacterias anaeróbicas, de materia orgánica no fósil. Los humedales (ciénagas, marismas, arrozales) generarían la mayor fracción, pero también lo producirían los rumiantes y los termes, como subproducto de la digestión microbiana anaeróbica en sus entrañas. Asimismo, se desprende metano en los incendios de bosques y maleza, y al quemar combustibles fósiles. Al cabo de los años se ha llegado a conocer bastante bien el ciclo global del metano. En 2001, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) admitió que probablemente se habían determinado las principales fuentes del mismo, aunque todavía no podía asegurarse en qué proporción contribuía cada una.

No obstante, ciertas observaciones tenían difícil explicación. Por ejemplo, continuaba el enigma de las grandes fluctuaciones del metano en la atmósfera durante las eras glaciales y cálidas, tal y como se deduce de las burbujas de aire atrapadas en el interior del hielo. Pero en 2001 ningún científico habría tomado en consideración la emisión directa de metano por las plantas, porque nadie creía posible la producción biológica de metano, salvo a través de procesos microbianos anaeróbicos.

El metano es un gas de invernadero sumamente eficaz; por ello resulta esencial conocer sus fuentes generadoras y las cantidades que emiten. Son mucho mayores las emisiones anuales de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, pero un kilogramo de metano calienta la Tierra 23 veces más que un kilogramo de dióxido de carbono. En los últimos 150 años, las actividades humanas casi han triplicado las concentraciones de metano en la atmósfera.

KENN BROWN

¿Seguirán aumentando durante el siglo XXI? ¿Cómo podríamos reducir las emisiones? Los climatólogos tienen que responder esas preguntas; necesitamos, pues, saber el origen y el destino de este importante gas.

Hallazgos inquietantes

La idea de explorar las emisiones de metano en las plantas surgió de nuestras investigaciones sobre el clorometano, un gas clorado destructor del ozono, que se creía procedente de los océanos y los incendios forestales. Hace pocos años, en el Departamento de Agricultura y Ciencias de la Alimentación de Irlanda del Norte, descubrimos que las plantas viejas aportan la mayor parte del clorometano presente en la atmósfera. Puesto que durante la combustión de biomasa se desprende metano, además de clorometano, nos preguntamos si los vegetales no liberarían también metano.

En busca de respuesta, recogimos hojas y hierbas de 30 clases diferentes, de zonas tropicales y templadas, y las introdujimos en pequeñas cámaras con las concentraciones de oxígeno atmosférico comunes. Nos sorprendió comprobar que todas esas hojas y residuos vegetales producían metano. Lo corriente es que un gramo de materia vegetal seca desprenda entre 0,2 y 3 nanogramos (10^{-9} gramos) de metano a la hora. Registrar cantidades tan minúsculas es dificultoso, incluso con los avanzados equipos de alta sensibilidad a nuestro alcance.

La tarea era aún más complicada por tener que diferenciar entre el metano producido por el tejido vegetal y los altos niveles que normalmente existen en la atmósfera. (En nuestra opinión, es esta dificultad la que impidió la observación anterior del fenómeno.) El secreto de nuestro hallazgo consistió en suprimir el efecto perturbador del fondo natural de metano. Antes de iniciar cada prueba, reemplazábamos el aire de las cámaras por aire exento de metano, para así poder medir el metano desprendido por el tejido vegetal.

Despertada nuestra curiosidad, emprendimos experimentos similares con plantas vivas y encontramos que los índices de producción de metano subían espectacularmente, entre 10 y 100 veces los de las hojas arrancadas de plantas. Mediante una serie de pruebas descartamos la posibilidad de que el metano fuese producido por bacterias anaeróbicas. Al final, nos convencimos plenamente: las plantas desprenden metano en cantidades apreciables. No podíamos dar respuestas inmediatas acerca de su mecanismo de producción, aunque sospechamos que interviene la pectina, una sustancia presente en las paredes de las células vegetales. Dejamos la cuestión para investigaciones ulteriores, que ya están en curso. Sin embargo, dado el papel del metano en el cambio climático, comprendimos que era esencial examinar cuánto gas emite a la atmósfera esta fuente recién descubierta.

¿En qué medida podrían contribuir las plantas a la totalidad del metano en el planeta? De inmediato, era obvio que, aunque una hoja sólo aporte minúsculas cantidades de metano, estos diminutos sumandos pronto adquirirán importancia, habida cuenta de la extensa cobertura vegetal del globo. Pese a todo, nos asombró la cifra que arrojaban nuestros cálculos: entre 60 millones y 240 millones de toneladas de metano al año provienen de las plantas, es decir, del 10 al 40 por ciento de las emisiones globales anuales. La mayor parte, casi dos tercios, procede de la zona tropical, rica en vegetación. Sabíamos, por supuesto, que las estimaciones globales basadas en mediciones de laboratorio, forzosamente limitadas, están sujetas a error. En todo caso, el número final nos parecía desmesurado; y si para nosotros era una sorpresa, para muchos de nuestros colegas sería una verdadera herejía.

Por fortuna, pronto contamos con un apoyo inesperado: el de un grupo de geofísicos de Heidelberg, que observaban desde el espacio la atmósfera terrestre. Las imágenes tomadas por satélite en 2005 revelaban "nubes" de metano suspendidas sobre los bosques tropicales. Concluyeron que el balance global del metano, si se atenía a las teorías vigentes, no podía explicar el fenómeno. A la luz de nuestros hallazgos, sin embargo, el resultado era razonable: la vegetación verde originaba las nubes de metano.

Recientemente hemos obtenido un nuevo respaldo, el de Paul J. Crutzen, ganador del premio Nobel en 1995, y sus colaboradores. Tras la publicación de nuestros descubrimientos en enero de 2006, volvieron a analizar las mediciones de muestras de aire que habían tomado en la sabana de Venezuela en 1988, y calcularon que en aquellas regiones la vegetación podría haber desprendido de 30 millones a 60 millones de toneladas de metano. Crutzen comentó entonces que podrían haberlo descubierto en 1988, pero perdieron la oportunidad al dar por seguro que el metano sólo se producía en condiciones anaeróbicas.

Pese a este favorable testimonio, muchos científicos siguen sin creer que las plantas emitan metano, y menos aún aceptan nuestras evaluaciones de las cantidades de metano procedentes de la vegetación. De ahí que algunos estén calculando de nuevo el balance de las emisiones vegetales. Para ello siguen métodos diferentes de los nuestros, pero aplican los mismos índices de emisión que utilizamos nosotros. Por supuesto, esperamos vivamente que nuestros hallazgos de laboratorio se confirmen por caminos independientes.

Resumen/*Sorpresa de la naturaleza*

- Se ha tenido por cierto que el metano (gas natural) lo producen bacterias que medran sin oxígeno, pero los experimentos del equipo de los autores descubrieron que las plantas generan también ese potente gas de invernadero.
- Aunque este inquietante hallazgo pueda explicar muchas observaciones que antes desconcertaban, numerosos científicos mantienen su escepticismo, en particular en lo que se refiere a la cantidad de metano que generan las plantas. Como el metano retiene el calor en la atmósfera, importa saber cuáles son sus fuentes y las cantidades que emiten.
- Por una interpretación errónea del descubrimiento muchos pensaron que los bosques contribuían al calentamiento global. Sin embargo, los autores insisten en que las plantas no han participado en el reciente aumento del metano atmosférico, ni en el calentamiento global.

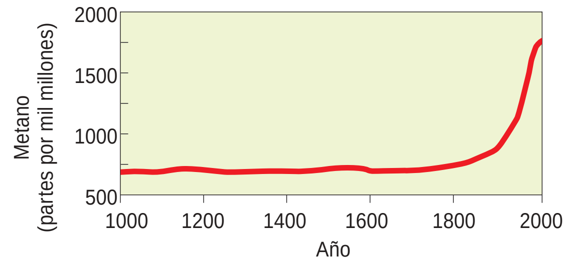
LA TEORIA CLASICA

En los 150 últimos años, las emisiones de metano a la atmósfera se han triplicado casi (*gráfica*). Hoy se envían al aire alrededor de 600 millones de toneladas al año. Este ascenso preocupa, porque el metano, a semejanza del dióxido de carbono, atrapa el calor en la atmósfera terrestre y, por tanto, contribuye al calentamiento global.

Hasta que los autores y sus colaboradores publicaron sus hallazgos, la teoría vigente sostenía que todas las emisiones naturales de metano provenían de la actividad de unas bacterias que proliferan en entornos húmedos, carentes de oxígeno —ciénagas, arrozales—, y, en menor medida, de los sistemas digestivos de termes y rumiantes.

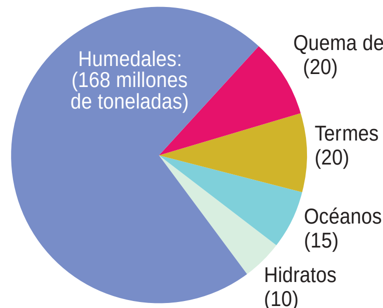
El análisis de las fuentes del gas presente en el entorno indicaba (*sectores del círculo*) que el gran aumento de las concentraciones de metano desde la mitad del siglo XIX era resultado de las actividades industriales humanas (producción de energía por combustibles fósiles) y del incremento de los cultivos de arroz y la cría de ganado rumiante ligado a crecimiento demográfico. El trabajo de los autores no arroja dudas sobre esta atribución de la causa de que hayan aumentado las concentraciones de metano en la atmósfera, pero habrá que revisar la estimación de las contribuciones relativas de las diversas fuentes naturales.

Concentración de metano en la atmósfera

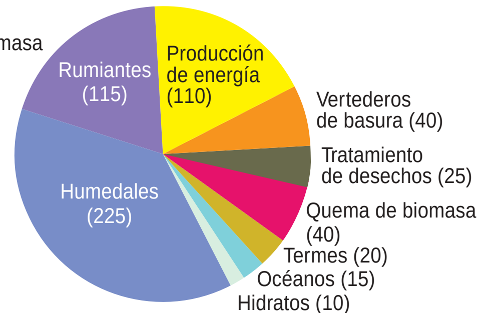


Emisiones de metano

Era preindustrial: 233 millones de toneladas/año



Hoy: 600 millones de toneladas/año



LAURIE GRACE Y JANA BRENNING

Solución de un viejo enigma

Lo anteriormente expuesto podría explicar una tendencia que durante años ha intrigado a los climatólogos: la correlación entre las fluctuaciones de los niveles de metano y los cambios de las temperaturas globales. Las diminutas burbujas de aire atrapadas en el interior de los hielos archivan las concentraciones relativas de los gases atmosféricos y variaciones climáticas de tiempos pasados, hasta hace casi un millón de años. En ellas se ve la estrecha relación entre las variaciones de los niveles de dióxido de carbono a lo largo del tiempo y los cambios de temperatura del planeta. En las eras glaciales las concentraciones de dióxido de carbono son bajas, para ascender en los períodos cálidos.

En general, las concentraciones de metano siguen la misma pauta que las de dióxido de carbono, aunque se desconoce la razón. Se ha intentado utilizar modelos de humedales —la única gran fuente natural de metano que se creía existente— para reconstruir las curiosas variaciones de los niveles de metano en el pasado. Pero no resulta fácil reproducir las diferencias del nivel de metano en la atmósfera observadas entre los períodos glaciales e interglaciales.

Otra explicación propuesta se refiere a la formación de hidratos de metano [*véase* “Hielo inflamable”, por Edwin Suess, Gerhard Bohrmann, Jens Greinert y Edwin Lausch; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, febrero de 2000]. Son cristales de hielo, creados en los sedimentos del fondo oceánico bajo una elevada presión y a temperatura próxima al punto de congelación, que atrapan gas metano en cantidad desconocida, seguramente muy grande. Se ha apuntado que la súbita emisión de ingentes volúmenes de metano desde estos sedimentos a la atmósfera podría haber sido la causa de rápidos calentamientos de la Tierra en el pasado remoto. Sin embargo, recientes estudios del casquete de hielo polar demuestran que los hidratos de metano marinos se mantuvieron estables durante los últimos 40.000 años, por lo menos. No tuvieron que ver, pues, con los bruscos incrementos de metano atmosférico del último período glacial.

Sabemos que la vegetación terrestre es muy sensible a las variaciones del medio. La masa total de vegetación del planeta varía con los enfriamientos y calentamientos del clima durante las eras glaciales. Teniendo en cuenta nuestros hallazgos, se deberían ahora considerar esas variaciones como posible causa de los descensos del nivel de metano en los períodos glaciales y de las subidas durante los interglaciales. En el último máximo glacial, hace cerca de 21.000 años, las selvas amazónicas sólo cubrían la mitad de su extensión actual; por tanto, la vegetación tropical debía de desprender en aquellos tiempos mucho menos metano. Desde entonces, han subido la temperatura de la superficie terrestre y las concentraciones de dióxido de carbono, con la potenciación consiguiente

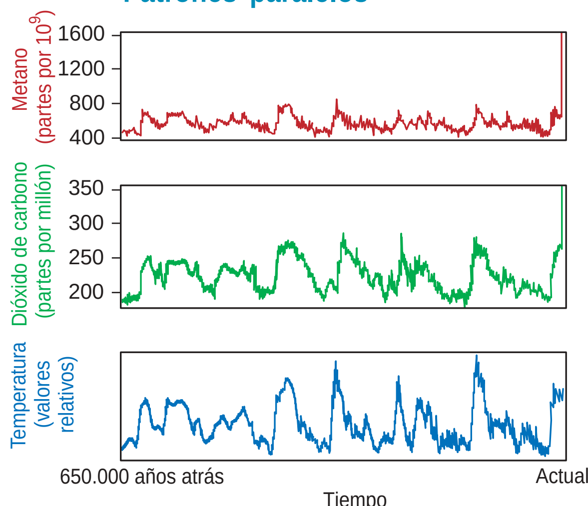
LA NUEVA TEORIA

El equipo de los autores examinó en detalle los gases emitidos por desechos vegetales y plantas vivas. Para sorpresa suya, encontraron que tanto la materia vegetal muerta como la vegetación viva producen metano. Esta importante fuente de emisiones no se había tenido en cuenta hasta ese experimento, realizado en cámaras en las que se había evacuado el metano del aire para poder medir las minúsculas cantidades de gas que emiten las plantas.

La nueva teoría podría explicar las desconcertantes fluctuaciones de nivel del metano, fiel reflejo de los cambios de nivel del dióxido de carbono y de la temperatura global (*gráficas*). Mediante el estudio de las burbujas de aire atrapadas dentro de los hielos polares se ha podido conocer la composición de la atmósfera hasta hace casi un millón de años. Asimismo, las concentraciones de deuterio en el hielo nos informan de las temperaturas. Las altas concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera y el aumento de las temperaturas fueron seguramente causa de un gran desarrollo de la vegetación, al que habrían acompañado emisiones de metano muy abundantes.



1. EL EXPERIMENTO detectó las minúsculas cantidades de metano que producía la vegetación (*césped en la fotografía*).







2. EL TESTIGO DE HIELO (*más a la izquierda*) contiene burbujas que revelan la composición de la atmósfera antigua. En la microfotografía de una pequeña sección (*izquierda*), las burbujas de gas son de color oscuro y de uno a tres milímetros de ancho.

del crecimiento de las plantas y las emisiones de metano cada vez mayores desde la masa vegetal.

Durante otros períodos de la historia del planeta habrán ocurrido episodios climáticos similares. Especialmente en extinciones masivas, como las del tránsito del Pérmico al Triásico (hace 250 millones de años) y del Triásico al Jurásico (hace 200 millones de años). Las concentraciones altísimas de dióxido de carbono, así como el ascenso de las temperaturas, quizá llevasen a un espectacular crecimiento de la biomasa vegetal. Tal vez acompañase a estos períodos de calentamiento global una masiva emisión de metano desde la vegetación y un calor más intenso. Como hipótesis, no del todo descabellada, las emisiones podrían haber sido diez veces mayores que las actuales. Y si no erramos en ello, habría que considerar que las emisiones de metano por las plantas, unidas a las de los humedales y quizá las del fondo marino, han sido una de las fuerzas impulsoras del cambio climático en la historia del planeta.

Malentendido mediático

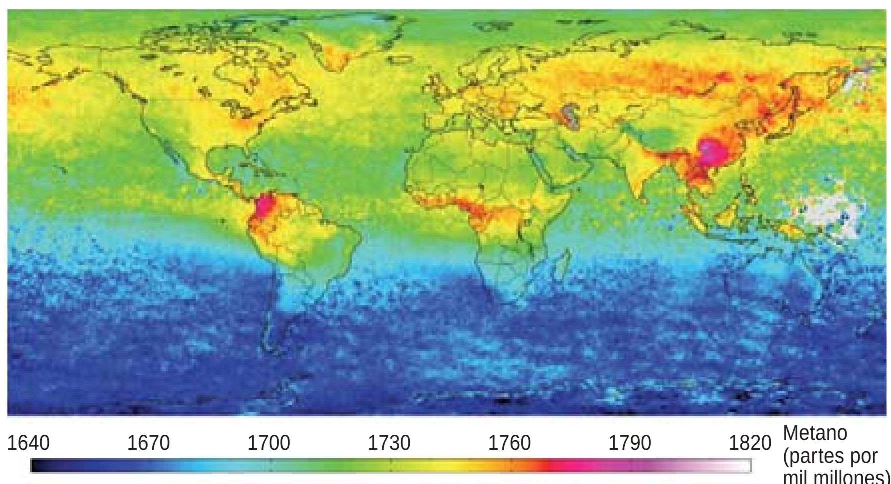
Cuando vimos cómo se informaba de nuestro trabajo científico en el Boletín Mundial de la BBC, a continuación de las noticias sobre la gripe aviar y la situación de Irak, el mismo día en que lo comunicamos a la prensa, comprendimos que realmente interesaba a la sociedad. La impresión quedó reforzada al día siguiente, cuando apareció en periódicos de todo el mundo, a menudo en titulares de portada.

Por desgracia, la extensa cobertura mediática puede inducir a exageraciones, y esta vez dio lugar a interpretaciones erróneas de nuestros resultados. En particular, numerosos comentarios achacaban el calentamiento global a las plantas; así, por ejemplo, el titular “Calentamiento global: los bosques son culpables”, leído en la portada de un diario respetable. Al recibir numerosas llamadas y mensajes de personas que nos preguntaban si no deberían arrancar los árboles del jardín para combatir el calentamiento global, nos dimos cuenta de que algo

FRANK KEPPLER E INSTITUTO MAX PLANCK DE FISICA NUCLEAR EN HEIDELBERG (*laboratorio*); ADAPTADO DE “TINY BUBBLES TELL ALL”, POR EDWARD J. BROOK, EN *SCIENCE* VOL. 310; 25 DE NOVIEMBRE DE 2005, UTILIZADO CON PERMISO DE AAAS (*gráficas*); AFP/GETTY IMAGES (*hielo*); W. BERNER, UNIVERSIDAD DE BERNA (*micrografía*)

había fallado en la comunicación al público.

Nos sentimos obligados a emitir otra nota de prensa para corregir las falsas interpretaciones. En ese segundo comunicado insistimos en la veracidad de nuestro descubrimiento. Las plantas llevan cientos de millones de años emitiendo metano a la atmósfera. Tales emisiones han contribuido al efecto de invernadero natural, sin el cual no habría sido posible la vida que hoy conocemos. Sin embargo, las plantas no tienen la culpa del espectacular aumento de las concentraciones de metano desde los principios de la industrialización. Este fuerte crecimiento sin duda se ha debido a las actividades humanas.



LAS IMAGENES POR SATELITE de la atmósfera terrestre respaldaron el discutido descubrimiento de los autores. En 2005 se observaron nubes de metano sobre los bosques tropicales. La teoría común de generación del metano no podía explicarlas; en cambio, el hallazgo de los autores sí daba una explicación convincente del fenómeno: la abundante vegetación de los trópicos era la fuente emisora de metano.

DE "SATELLITE CHARTOGRAPHY OF ATMOSPHERIC METHANE FROM SCIAMACHY ON BOARD ENVISAT: ANALYSIS OF THE YEARS 2003 AND 2004", POR C. FRANKENBERG ET AL., EN *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 111; 2006

Nuestro descubrimiento ha suscitado también el temor a que las emisiones de metano por las plantas pudieran debilitar el efecto positivo del almacenamiento de carbono por los programas de reforestación (o incluso invertirlo.) Si así ocurriese, tendría graves repercusiones en los países que intentan cumplir el Protocolo de Kyoto de reducción de las emisiones mundiales de carbono, puesto que, según este protocolo, plantar árboles favorece las estrategias nacionales de mitigación del dióxido de carbono. Nuestros cálculos demuestran, sin embargo, que los beneficios climáticos aportados por la creación de nuevos bosques que absorben dióxido de carbono superan muy ampliamente el efecto negativo, relativamente pequeño, de añadir metano a la atmósfera (que sólo contrarrestaría un 4 por ciento, como máximo, de la captación total de carbono por los árboles). El potencial reductor del calentamiento global que ofrece la plantación de árboles es, sin la menor duda, positivo.

En el ardor de este debate se olvidó un hecho esencial: las plantas son el pulmón verde de nuestro planeta y aportan el oxígeno que sustenta la vida tal y como la conocemos. Además, desempeñan muchas otras funciones beneficiosas. Basten dos ejemplos destacados: el control del ciclo hidrológico tropical y la formación de un entorno natural que fomenta la biodiversidad. Las plantas no crean el problema; lo crea la quema de combustibles fósiles a gran escala.

Es más razonable preocuparse por el posible efecto del metano de origen vegetal sobre el clima en un futuro próximo. Aunque no sea imputable a las plantas el enorme aumento de metano en la atmósfera desde la era preindustrial, lo cierto es que en las presentes circunstancias la vegetación tiende a crecer más deprisa. Si, como esperamos, a mayor temperatura las plantas generan más metano, el calentamiento se intensificará. Se crea así un círculo vicioso, que sería un fenómeno natural si no fuese porque se va acelerando por actividades antropogénicas, sobre todo por la quema de combustibles fósiles. Cabe suponer que en el pasado las plantas ejercieron un poderoso efecto estabilizador sobre el cambio climático global, que hoy tal vez no sería posible al haber deforestado extensiones tan vastas.

Aunque sea prematuro precisar la influencia de nuestro hallazgo sobre las predicciones de cambio climático en un futuro más lejano, está claro que cualquier análisis nuevo deberá considerar el metano que emite la cubierta vegetal del planeta.

Los autores

Frank Keppler y Thomas Röckmann descubrieron que las plantas emiten metano en el Instituto Max Planck de Física Nuclear, en Heidelberg. Keppler se doctoró en geoquímica ambiental por la Universidad de Heidelberg en 2000. Se le ha concedido un premio para investigadores jóvenes europeos, gracias al cual va a formar su propio equipo de investigación en el Instituto Max Planck de Química en Maguncia. Röckmann es profesor del Instituto de Investigación Marina y Atmosférica de Utrecht.

Bibliografía complementaria

UNA ATMÓSFERA CAMBIANTE. Thomas E. Graedel y Paul J. Crutzen en *Investigación y Ciencia*, n.º 158, págs. 22-31; noviembre de 1989.

CLIMATE CHANGE 2001: THE SCIENTIFIC BASIS. Preparado por J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C. A. Johnsson. Cambridge University Press, 2001.

METHANE EMISSIONS FROM TERRESTRIAL PLANTS UNDER AEROBIC CONDITIONS. Frank Keppler, John T. G. Hamilton, Marc Brass y Thomas Röckmann en *Nature*, vol. 439, págs. 187-191; 12 de enero, 2006.

METHANE FINDING BAFFLES SCIENTISTS. Quirin Schiermeier, misma revista, pág. 128.